同水平肌醇对獭兔皮肤中β-连环蛋白和激素敏感酯酶表达的影响

李 敏[1] 崔亚利[1*] 王丙雷[1] 陈宝江[2*]

（1.河北农业大学动物医学院，保定 071000；2.河北农业大学动物科技学院，保定 071000）

摘 要：本试验旨在研究饲粮中添加不同水平的肌醇对獭兔皮肤中β-连环蛋白（β-catenin）和激素敏感酯酶（HSL）表达的影响。选取（40±1）日龄的同期断奶獭兔 120 只(公母各占 1/2)，随机分成 4 组，每组 30 只。在 4 组獭兔的饲粮中分别添加 0、25、50、75 mg/kg 的肌醇，试验期为 3 个月。在试验的第 30 天（2 月龄）、第 60 天（3 月龄）和第 90 天（4 月龄），分别取腹部、背中部、臀部皮肤，采用免疫组织化学和蛋白质印迹（Western blot）法对β-catenin 和 HSL 的表达和定位进行检测。结果表明：β-catenin 在毛囊中广泛表达，在毛根鞘细胞和毛乳头均有棕黄色阳性反应细胞。HSL 在毛根鞘细胞，尤其是在内根鞘细胞内，呈现非常明显的棕黑色强阳性表达。饲粮中添加 50 mg/kg 肌醇可以极显著增加 2~4 月龄獭兔背中部皮肤毛囊中β-catenin 和 HSL 阳性表达细胞的平均灰度值（$P<0.01$），极显著增加 4 月龄獭兔背中部、腹部和臀部皮肤毛囊中β-catenin 和 HSL 阳性表达细胞的平均灰度值（$P<0.01$）。结果提示，肌醇能够通过上调 4 月龄獭兔毛囊中β-catenin 和 HSL 的表达来促进毛囊的发育，在本试验中，饲粮肌醇水平达到 50 mg/kg 时效果最佳。

关键词：肌醇；獭兔；毛囊；β-catenin；HSL

中图分类号:S816.7 文献标识码:A 文章编号：

肌醇（环己醇）广泛分布于各种天然动植物及微生物的组织中[1]，主要在动物的肝脏、肾脏、大脑和睾丸[2-3]等部位合成，具有生物素与维生素 B 的类似作用，作为体内活性组织

收稿日期：2017-01-21

基金项目：国家兔产业技术体系(CARS-44-B-3)；吉林海资生物技术有限公司横向课题

作者简介：李 敏（1991-），女，河北衡水人，硕士研究生，研究方向为细胞生物学与分子免疫学。E-mail: 844413347@qq.com

*通信作者：崔亚利，副教授，硕士生导师，E-mail: yalicui70@163.com；陈宝江，教授，博士生导师，E-mail: chenbaojiang@vip.sina.com

的组成部分发挥多种生理功能[4]，如促进细胞生长，参与蛋白质的生物合成；促进肝脏脂肪代谢，降低血液中胆固醇含量；作为细胞膜的组成成分之一，在膜磷脂平衡中扮演着重要的角色[5]；促进健康毛发的生长，防止脱发等。在食品工业中肌醇常作为营养强化剂被推广使用，但是肌醇在毛用动物饲粮中的应用研究很少。

毛囊是一种形态和结构较为复杂的皮肤附属结构[6]，它呈周期性地控制着毛发的生长，决定着动物被毛的品质和产量。毛囊的发育过程受到多种信号分子的调节，其中 Wnt 途径是最关键的信号通路[7]。而作为 Wnt 信号途径中下游成员之一的 β-连环蛋白（β-catenin），是 Wnt 信号途径的中心环节，对毛囊细胞的生长、分化、运动、凋亡的调节都具有重要的作用[8]。

肌醇有促进脂肪代谢的作用，而表皮 Wnt/β-catenin 作为信号级联反应中关键的启动因子能够诱导脂肪生成，表皮 Wnt 信号在脂肪细胞分化和被毛的生长周期同步化中具有重要作用[9]。虽然穆国柱等[10]对饲粮中添加脂肪对獭兔皮毛质量的影响进行了研究，但是探讨脂肪沉积影响因素对毛囊发育影响的研究却很少。激素敏感酯酶（HSL）是脂肪分解的限速酶[11]，也是影响动物脂肪沉积的关键酶之一。因此，本试验通过研究在饲粮中添加不同水平的肌醇，研究其对毛囊中 β-catenin 和 HSL 表达的影响，以探讨肌醇影响毛囊发育的可能机制，为肌醇在毛皮动物生产中的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物选择和分组

选取同期断奶的（40±1）日龄獭兔 120 只(公母各占 1/2)，随机分为 4 组，每组 30 只，每笼 3 只，常规饲养，预试期 7 d，正试期为 3 个月。对照组和试验 1 组、试验 2 组、试验 3 组獭兔分别饲喂在基础饲粮中添加 0、25、50、75 mg/kg 肌醇的试验饲粮。基础饲粮组成及营养水平见表 1。所有试验饲料均制成直径为 2.5 mm 的颗粒饲料。

表1 基础饲粮组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet %

原料（干物质基础） Ingredients (DM basis)	含量 Content	营养水平（风干基础） Nutrient levels （air-dry basis）	含量 Content
玉米 Corn	15.0	粗蛋白质 CP	16.12
豆粕 Soybean meal	17.0	粗纤维 CF	28.89
麦麸 Wheat bran	20.0	中性洗涤纤维 NDF	42.06
次粉 Wheat middling	5.0	酸性洗涤纤维 ADF	32.34
花生皮 Peanut shell	10.0	粗脂肪 EE	1.69
花生秧 Peanut vine	31.0	钙 Ca	1.64
石粉 Limestone	1.0	磷 P	0.4
食盐 NaCl	0.5	赖氨酸 Lys	0.86
赖氨酸 Lys	0.1	蛋氨酸 Met	0.59
蛋氨酸 Met	0.1		
预混料 Premix[1)]	0.3		
合计 Total	100.0		

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet:Fe (as ferric sulfate) 70 mg，Cu (as copper sulfate) 20 mg，Zn (as zinc sulfate) 70 mg，Mn (as manganese sulfate) 10 mg，Co 0.15 mg，I 0.2 mg，Se (as sodium sulfate) 0.25 mg，VA 10 000 IU，VD 900 IU，VE 50 mg，VK 2 mg，硫胺素 thiamine 2 mg，核黄素 riboflavin 6 mg，泛酸 pantothenic acid 50 mg，吡哆醇 pyridoxine 2 mg，VB_{12} 0.02 mg，烟酸 niacin 50 mg，胆碱 choline 1 000 mg，生物素 biotin 0.2 mg。

[2)] 消化能为计算值，其他为实测值。DE was a calculated value，while the others were measured values.

1.2 样品的采集

分别在试验开始后的第 30 天（2 月龄）、第 60 天（3 月龄）、第 90 天（4 月龄），每组随机各选取 6 只健康獭兔，颈静脉放血处死，去除预定部位的被毛后，分别取腹部、背中部和臀部皮肤（各约 1 cm^2），一部分展平并贴附在吸水纸（防止皮样卷曲）上后，固定于多聚甲醛中，用于免疫组织化学分析；另一部分包裹于锡箔纸（180 ℃烘烤 5 h）中，放于-80 ℃

冰箱中冻存，用于组织蛋白质的提取。

1.3　试验试剂

鼠抗人 HSL 抗体购自 Santa 公司，鼠抗人 β-catenin 抗体购自 CST 公司，链霉亲和素-生物素复合物（SABC）免疫组化染色试剂盒和浓缩型二氨基联苯胺(3,3N-diaminobenzidine tertrahydrochloride,DBA)显色试剂盒均购自武汉博士德生物工程有限公司，蛋白质抽提试剂盒和蛋白质 Maker 均购自 CWBIO 公司，硝酸纤维素膜（NC）购自 Millipore 公司。

1.4　皮肤组织的 β-catenin 和 HSL 的免疫组织化学染色

将皮肤切片常规脱蜡至水，3%过氧化氢（H_2O_2）室温作用 10 min 以灭活内源性酶，蒸馏水洗 2 min×3 次；将切片浸入 0.01 mol/L 枸橼酸盐缓冲液，电炉加热至沸腾后断电，间隔 10 min 后再重复 1 次，冷却后磷酸盐缓冲液（PBS）洗涤 2 min×2 次；滴加 5%的牛血清白蛋白（BSA）封闭液，室温作用 20 min；甩去多余液体，滴加 1：50 稀释的一抗（鼠抗人 β-catenin/HSL），4 ℃过夜；室温放置 1 h，PBS 冲洗 2 min×3 次；滴加生物素化山羊抗小鼠免疫球蛋白 G(IgG)，37 ℃作用 20 min，PBS 冲洗 2 min×3 次；滴加试剂 SABC，37 ℃作用 20 min，PBS 冲洗 5 min×4 次；DAB 显色 10 min，蒸馏水洗涤 2 min×2 次，苏木精轻度复染，脱水，透明，封片，显微镜观察。PBS 代替一抗作为阴性对照。

用 ImageJ 软件对 β-catenin 和 HSL 在各组皮肤中的免疫组化染色结果进行测定，每个獭兔皮肤组织分别取 3 张切片，每张切片取 3 个视野，对每张图片进行八位灰阶、反向处理后测得其阳性表达细胞的平均灰度值。

1.5 皮肤组织中 β-catenin 和 HSL 的 Western blotting

取出液氮中冻存的獭兔皮肤组织，用预冷的蛋白质抽提试剂盒提取獭兔皮肤组织中的总蛋白，每孔上样 20 μg 总蛋白进行十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳（SDS-PAGE），湿转法转至硝酸纤维素膜（NC）膜，转膜 1 h。将膜完全浸没 3%BSA-TBST 中室温轻摇 30 min，加入一抗（用 3%BSA-TBST 稀释，1：500），室温孵育 10 min，放 4 ℃过夜。室温孵育 30 min，

TBST 洗膜，3 min×5 次。用 5%脱脂奶粉-TBST 稀释二抗[山羊抗小鼠 IgG（H+L）辣根过氧化物酶(HRP)，1:10 000]，室温轻摇 40 min。TBST 洗膜 3 min×6 次。ECL 加到膜上后反应 3~5 min，胶片曝光，显影 2 min，定影。内参蛋白抗体使用鼠抗人 β-actin 抗体，以 1:5 000 的比例进行稀释。

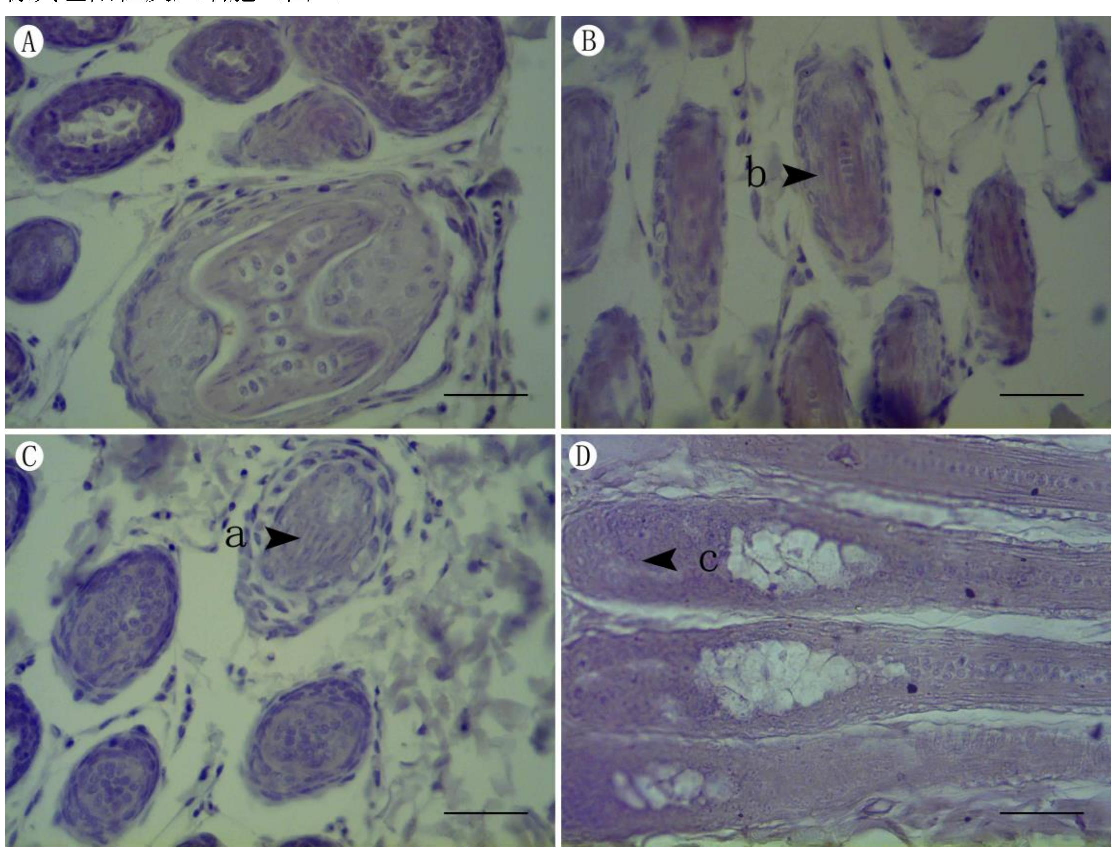
1.6 数据处理

试验数据采用 SPSS 16.0 进行描述性统计与方差分析，结果用“平均值±标准差”来表示。

2 结　果

2.1 β-catenin 在皮肤毛囊中的定位表达

免疫组织化学染色结果显示，β-catenin 在毛囊中广泛表达，在毛根鞘细胞和毛乳头均有棕黄色阳性反应细胞（图 1）。



A、B、C、D 分别代表对照组、试验 1 组、试验 2 组、试验 3 组。a，b 所示为毛根鞘，c 所示为毛根

鞘和毛乳头。图中标尺长度为 50 μm。

A, B, C and D showed control group, experimental group 1, experimental group 2 and experimental group 3, respectively. a, b represented root sheath, and c represented root sheath and dermal papilla. Scale length in figure was 50 μm.

图 1　4 月龄獭兔背中部皮肤组织 β-catenin 免疫组化染色结果

Fig.1　The results of β-catenin in the dorsocentral region skin from 4-month-old Rex rabbits showed by immunohistochemical staining

如表 2 所示，2 月龄獭兔 β-catenin 阳性表达细胞的平均灰度值，在背中部皮肤中试验 1 组与试验 2 组较对照组均极显著增加(P＜0.01)；在腹部皮肤中试验 2 组和试验 3 组极显著低于对照组(P＜0.01)；在臀部皮肤中各试验组均极显著低于对照组(P＜0.01)。3 月龄獭兔 β-catenin 阳性表达细胞的平均灰度值，在背中部与腹部皮肤中各试验组较对照组均极显著增加(P＜0.01)；在臀部皮肤中各试验组较对照组均极显著降低(P＜0.01)。4 月龄獭兔 β-catenin 阳性表达细胞的平均灰度值，在背中部皮肤中各试验组均极显著高于对照组(P＜0.01)；在腹部皮肤中试验 2 组和试验 3 组均极显著高于对照组(P＜0.01)，试验 1 组则极显著低于对照组(P＜0.01)；在臀部皮肤中试验 2 组和试验 3 组均极显著高于对照组(P＜0.01)。

表 2　皮肤毛囊组织中 β-catenin 阳性表达细胞的平均灰度值

Table 2　Average gray value of β-catenin positive cells in the hair follicle

月龄 Months of age	部位 Part	对照组 Control group	试验 1 组 Experimental group 1	试验 2 组 Experimental group 2	试验 3 组 Experimental group 3
2 月龄 2-month-old	背中部	128.27±2.05^{Bb}	141.39±1.54^{Aa}	140.37±1.44^{Aa}	128.71±1.16^{Bb}
	腹部	141.24±1.68^{Aa}	140.19±1.06^{Aa}	126.19±1.87^{Cc}	133.75±1.55^{Bb}
	臀部	164.25±1.58^{Aa}	148.56±1.85^{Cc}	159.32±1.09^{Bb}	142.81±1.81^{Dd}
3 月龄 3-month-old	背中部	136.91±1.33^{Dd}	147.06±1.76^{Cc}	171.63±1.95^{Aa}	151.94±1.33^{Bb}
	腹部	132.73±1.01^{Cc}	138.68±1.97^{Bb}	138.05±1.22^{Bb}	149.24±2.06^{Aa}
	臀部	157.09±1.54^{Aa}	121.96±0.61^{Dd}	146.45±1.09^{Bb}	143.88±1.82^{Cc}
4 月龄 4-month-old	背中部	140.99±2.21^{Aa}	151.38±2.35^{Bb}	177.28±1.32^{Dd}	170.84±1.97^{Cc}
	腹部	145.25±1.46^{Cc}	133.51±2.22^{Dd}	156.42±2.03^{Aa}	148.43±0.91^{Bb}

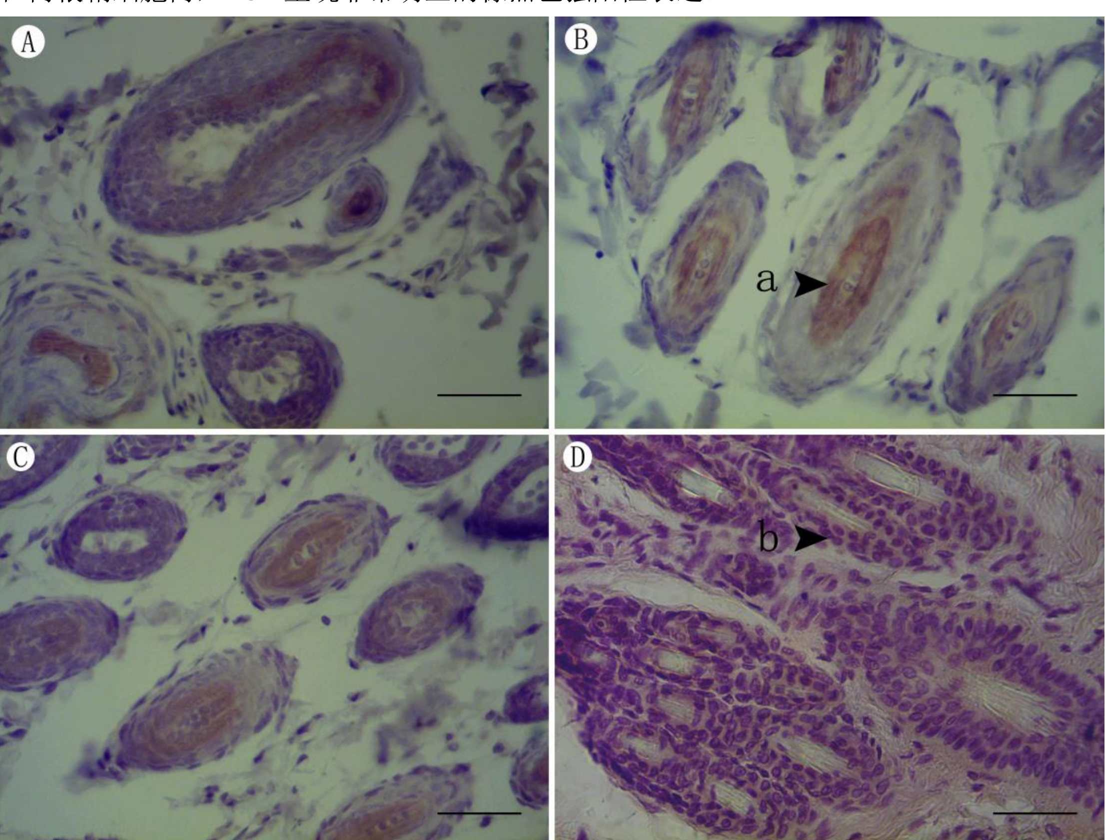
臀部	148.06 ± 1.60^{Cc}	146.59 ± 1.56^{Cc}	167.13 ± 1.67^{Bb}	179.73 ± 2.67^{Aa}

同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著（*P*>0.05），不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），不同大写字母表示差异极显著（*P*<0.01）。下表同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (*P*<0.01). The same as below.

2.2 HSL 在皮肤毛囊中的定位表达

免疫组织化学染色结果显示，毛根鞘细胞呈现棕黄色的 HSL 阳性表达（图 2），尤其是在内根鞘细胞内，HSL 呈现非常明显的棕黑色强阳性表达。



A、B、C、D 分别代表对照组、试验 1 组、试验 2 组、试验 3 组。a 示内根鞘，b 示毛根鞘。图中标尺长度为 50 μm。

A, B, C and D showed control group, experimental group 1, experimental group 2 and experimental group 3, respectively. a represented inner root sheath, and b represented root sheath. Scale length in figure was 50 μm.

图 2　4 月龄獭兔背中部皮肤组织 HSL 免疫组化染色结果

Fig.2　The results of HSL in the dorsocentral region skin from 4-month-old Rex rabbits showed by immunohistochemical staining

由表 3 得出，2 月龄獭兔 HSL 阳性表达细胞的平均灰度值，在背中部皮肤中试验 1 组和试验 2 组极显著高于对照组($P<0.01$)，试验 3 组极显著低于对照组($P<0.01$)；在腹部皮肤中试验 2 组和试验 3 组极显著低于对照组($P<0.01$)；在臀部皮肤中试验 1 组极显著高于对照组($P<0.01$)，试验 3 组极显著低于对照组($P<0.01$)。3 月龄獭兔 HSL 阳性表达细胞的平均灰度值，在背中部与腹部皮肤中各试验组均极显著高于对照组($P<0.01$)；在臀部皮肤中各试验组均极显著低于对照组($P<0.01$)。4 月龄獭兔 HSL 阳性表达细胞的平均灰度值，在背中部皮肤中各试验组均极显著高于对照组($P<0.01$)；在腹部皮肤中试验 2 组和试验 3 组均极显著高于对照组($P<0.01$)，试验 1 组则极显著低于对照组($P<0.01$)；在臀部皮肤中试验 2 组极显著高于对照组($P<0.01$)，试验 3 组极显著低于对照组($P<0.01$)。

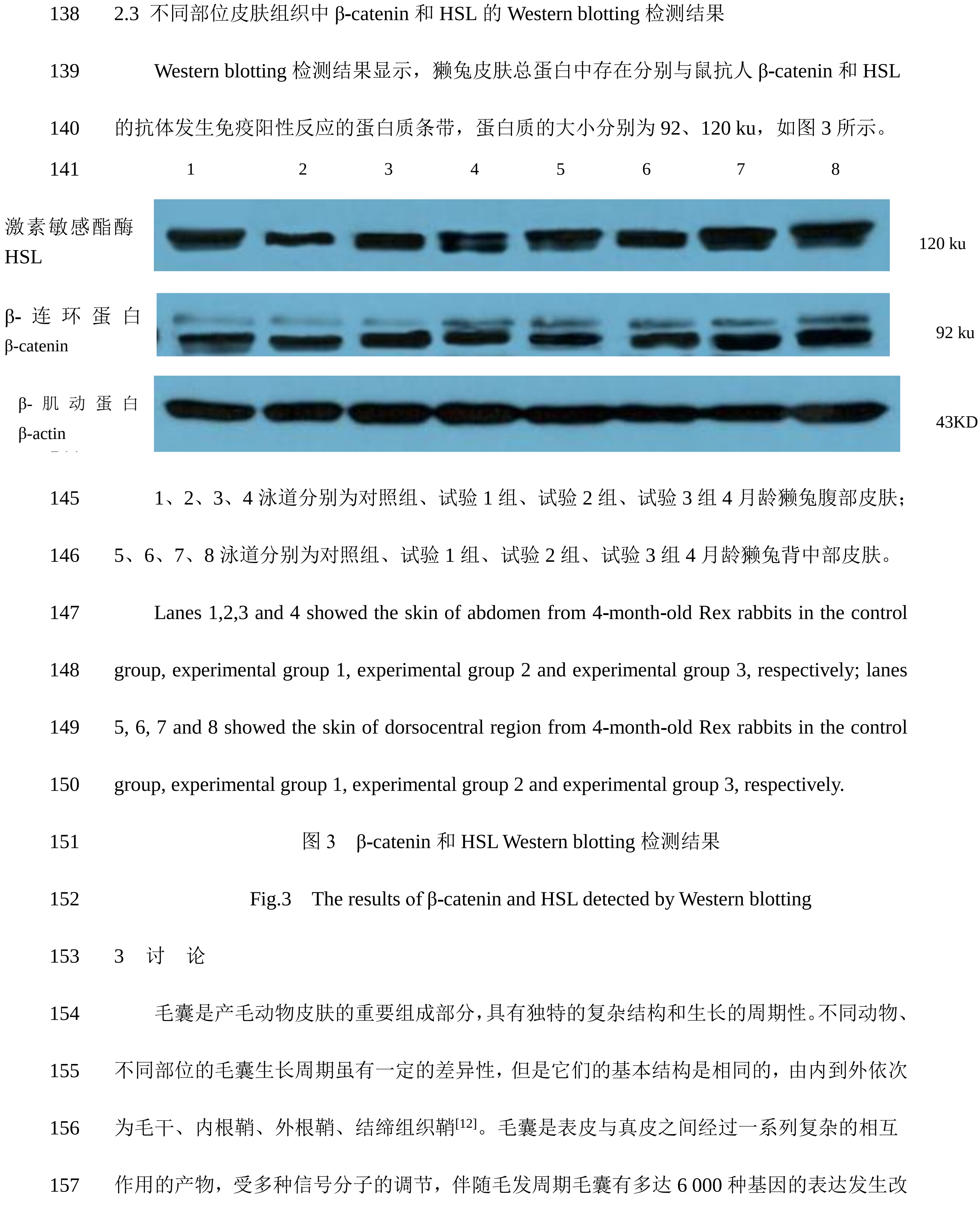
表 3　皮肤毛囊组织中 HSL 阳性表达细胞的平均灰度值

Table 3　Average gray value of HSL positive cells in the hair follicle

月龄 Months	部位 Part	对照组 Control group	试验 1 组 Experimental group 1	试验 2 组 Experimental group 2	试验 3 组 Experimental group 3
2 月龄 2-month-old	背中部	143.09±1.35^{Cc}	156.76±2.12^{Aa}	153.88±2.27^{Bb}	126.15±3.05^{Dd}
	腹部	150.23±2.27^{Aa}	147.80±1.73^{ABb}	113.65±1.81^{Cd}	121.54±2.62^{Bc}
	臀部	148.67±2.31^{Bb}	162.58±1.43^{Aa}	149.57±2.74^{Bb}	135.78±2.37^{Cc}
3 月龄 Three months age	背中部	157.63±1.40^{Dd}	161.58±2.44^{Cc}	176.96±2.07^{Bb}	166.95±1.42^{Aa}
	腹部	120.70±1.88^{Cc}	143.74±1.82^{Bb}	143.05±2.15^{Bb}	160.82±2.09^{Aa}
	臀部	172.41±2.69^{Aa}	166.48±4.88^{Bb}	147.62±1.46^{Cc}	145.09±1.81^{Cc}
4 月龄 Four months age	背中部	154.72±1.33^{Dd}	165.34±1.91^{Cc}	185.57±1.57^{Aa}	178.46±1.63^{Bb}
	腹部	140.51±2.11^{Cc}	123.95±2.50^{Dd}	160.62±4.99^{Aa}	146.09±2.79^{Bb}
	臀部	167.53±2.65^{Bb}	166.03±3.43^{Bb}	177.68±2.34^{Aa}	119.84±2.43^{Cc}

2.3 不同部位皮肤组织中 β-catenin 和 HSL 的 Western blotting 检测结果

Western blotting 检测结果显示，獭兔皮肤总蛋白中存在分别与鼠抗人 β-catenin 和 HSL 的抗体发生免疫阳性反应的蛋白质条带，蛋白质的大小分别为 92、120 ku，如图 3 所示。



1、2、3、4 泳道分别为对照组、试验 1 组、试验 2 组、试验 3 组 4 月龄獭兔腹部皮肤；5、6、7、8 泳道分别为对照组、试验 1 组、试验 2 组、试验 3 组 4 月龄獭兔背中部皮肤。

Lanes 1,2,3 and 4 showed the skin of abdomen from 4-month-old Rex rabbits in the control group, experimental group 1, experimental group 2 and experimental group 3, respectively; lanes 5, 6, 7 and 8 showed the skin of dorsocentral region from 4-month-old Rex rabbits in the control group, experimental group 1, experimental group 2 and experimental group 3, respectively.

图 3 β-catenin 和 HSL Western blotting 检测结果

Fig.3 The results of β-catenin and HSL detected by Western blotting

3 讨 论

毛囊是产毛动物皮肤的重要组成部分，具有独特的复杂结构和生长的周期性。不同动物、不同部位的毛囊生长周期虽有一定的差异性，但是它们的基本结构是相同的，由内到外依次为毛干、内根鞘、外根鞘、结缔组织鞘[12]。毛囊是表皮与真皮之间经过一系列复杂的相互作用的产物，受多种信号分子的调节，伴随毛发周期毛囊有多达 6 000 种基因的表达发生改变。本试验通过在饲粮中添加不同水平的肌醇，研究各组獭兔毛囊中 β-catenin 和 HSL 的表

达差异，探讨饲粮中肌醇水平对毛囊发育可能的影响机制。

3.1　不同水平肌醇对不同月龄獭兔皮肤毛囊中 β-catenin 表达的影响

毛囊的发育过程受到多种信号分子的调节，其中 Wnt/β-catenin 信号途径是最关键的途径，而 β-catenin 是 Wnt 信号途径中最重要的信号分子，它诱导毛囊的形态发生，维持毛囊生长、发育及毛囊干细胞的分化。

本研究结果显示 β-catenin 在毛囊内根鞘、外根鞘以及毛乳头中均有表达，与于秀菊等[13]对羊驼皮肤的研究结果一致，可见 β-catenin 是毛囊发育过程中不可缺少的分子。饲粮中肌醇水平不高于 50 mg/kg 时，3~4 月龄獭兔背中部皮肤毛囊中 β-catenin 阳性表达细胞的平均灰度值随着肌醇水平的增加而增加，结合前期研究结果，饲粮中肌醇水平为 50 mg/kg 时，次级毛囊密度会随着肌醇水平的增加而变大[14]，可以得出肌醇水平对毛囊中 β-catenin 和次级毛囊密度的影响基本是相一致的，推断饲粮中的肌醇可能通过影响毛囊中 β-catenin 的表达从而影响次级毛囊的周期性发育，这与王卓[15]的推测相一致。不同肌醇水平对各个部位皮肤中 β-catenin 表达的影响有一定差异，其中背中部的变化最大。在本试验中，饲粮中添加 50 mg/kg 肌醇后，对 2~3 月龄獭兔 3 个部位皮肤中 β-catenin 表达的影响没有规律性，但是 4 月龄时背中部、腹部和臀部毛囊中 β-catenin 的阳性表达细胞的平均灰度值均极显著增加，表明 β-catenin 的表达上调。一般情况下 4 月龄獭兔正处于新老被毛替换和新被毛开始急剧生长期，推测 β-catenin 表达量的增加能够促进毛囊干细胞的分化和毛囊的发育。

3.2　不同水平肌醇对不同月龄獭兔皮肤毛囊中 HSL 表达的影响

本试验结果显示 HSL 主要表达于毛根鞘细胞。饲粮中不同水平肌醇对各个部位皮肤中 HSL 表达的影响程度不同，对背中部毛囊的影响最为明显。3~4 月龄獭兔背中部皮肤毛囊中 HSL 阳性表达细胞的平均灰度值随着肌醇水平的增加而增加，对腹部和臀部毛囊中 HSL 的表达的影响没有规律性。饲粮中肌醇水平为 50 mg/kg 时，4 月龄獭兔背中部、腹部和臀部毛囊中的 HSL 阳性表达细胞的平均灰度值均极显著增加。这可能是因为处于刚开始被毛急剧

生长期的 4 月龄獭兔需要较多的能量供给，而毛囊中 HSL 表达量的增加，可通过促进脂肪降解为毛囊的生长发育提供充足的能量保证。结合前期研究结果，饲粮中肌醇水平不高于 50 mg/kg 时，次级毛囊密度会随着肌醇水平的增加而变大[14]，推测肌醇通过提高毛囊中 HSL 的表达来促进毛囊细胞脂肪的降解过程，从而为毛囊的生长发育提供能量。

4 结 论

肌醇能够通过上调 4 月龄獭兔毛囊中 β-catenin 和 HSL 的表达来促进毛囊的发育，在本试验中，饲粮肌醇水平达到 50 mg/kg 时效果最佳。

参考文献：

[1] 南韦肖,娄玉杰,司华哲.肌醇在动物生产中的应用[J].中国饲料,2014(19):7–8.

[2] TÓTH J T,GULYÁS G,TÓTH D J,et al.BRET-monitoring of the dynamic changes of inositol lipid pools in living cells reveals a PKC-dependent PtdIns4*P* increase upon EGF and M3 receptor activation[J].Biochimica et Biophysica Acta：Molecular and Cell Biology of Lipids,2016,1861(3):177–187.

[3] JIANG W D,HU K,LIU Y,et al.Dietary *myo*-inositol modulates immunity through antioxidant activity and the Nrf2 and E2F4/cyclin signalling factors in the head kidney and spleen following infection of juvenile fish with *Aeromonas hydrophila*[J].Fish & Shellfish Immunology,2016,49:374–386.

[4] 杨杰,杨奇慧,谭北平,等.水生动物肌醇营养研究进展[J].动物营养学报,2015,17(3):715–721.

[5] 张艳秋,李志伟,张宝彤,等.肌醇的性质及其在水产养殖中的应用[J].饲料工业,2007,28(14):28–30.

[6] 崔凯,任立坤.β-catenin 对绒山羊毛囊发育的影响[J].中国草食动物科学,2012(增刊):81–83.

[7] 谷博,孙丽敏,姜怀志.β-catenin 基因在辽宁绒山羊皮肤毛囊中表达的研究[J].经济动物学

报,2012,16(3):144–147.

[8] 张艺,施春英,杨恬.β-catenin在毛囊干细胞中转位表达与细胞增殖的关系[J].西北国防医学杂志,2008,29(3):180–182.

[9] DONATI G,PROSERPIO V,LICHTENBERGER B M,et al.Epidermal Wnt/β-catenin signaling regulates adipocyte differentiation *via* secretion of adipogenic factors[J].Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2014,111(15):E1501–E1509.

[10] 穆国柱,李福昌,王雪鹏,等.饲粮豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔生长性能、营养物质消化代谢、血清生化指标及皮毛质量的影响[J].动物营养学报,2013,25(6):1375–1382.

[11] 罗建学,兰玉倩,杨桂秀,等.激素敏感脂酶基因研究进展[J].生物技术世界,2015(3):189–190.

[12] 王卓,李光玉,杨雅涵,等.初生水貂皮肤毛囊发育组织学观察[J].中国畜牧兽医,2014,41(8):201–205.

[13] 于秀菊,董常生,范阔海,等.β-catenin 在不同毛色羊驼皮肤中的表达和定位[J].畜牧兽医学报,2010,41(3):335–340.

[14] 李敏,崔亚利,陈宝江,等.饲粮中添加肌醇对生长獭兔毛囊密度的影响[J].饲料工业,2016(19):54–58.

[15] 王卓.幼龄水貂毛囊发育及皮肤中 β-catenin 和 BMP2 表达规律的研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2014.

Effects of Different Inositol Levels on β-Catenin and Hormone-Sensitive Triglayceride Lipase Expression in Skin of Rex Rabbits

LI Min[1] CUI Yali[1*] WANG Binglei[1] CHEN Baojiang[2*]

(1. *College of Veterinary Medicine*, *Agricultural University of Hebei*, *Baoding* 071001, *China*; 2. *College of Animal Science and Technology*, *Agricultural University of Hebei*, *Baoding* 071001, *China*)

Abstract: The aim of the present study was to investigate the effects of different inositol levels in diets on the expression of β-catenin and hormone-sensitive triglayceride lipase （HSL） in skin of Rex rabbits. A total of 120 (40±1)-day-old Rex rabbits (half male and half female) were randomly divided into 4 groups and with 30 rabbits per group. Rex rabbits in 4 groups were fed diets with different levels of inositol (0, 25, 50 and 75 mg/kg, respectively), and the experiment lasted for 3 months. The skin of abdomen, dorsocentral region, hip were collected on days 30 (2 months old), 60 (3 months old), 90 (4 months old), respectively, and the protein expression and location of β-catenin and HSL were studied by immunohistochemistry and Western blot methods. The results showed that the β-catenin was widely expressed in hair follicle, and the hair root sheath cells and hair papilla all had brown positive reaction cells. HSL was showed a very obvious dark brown strong positive expression in hair root sheath cells, especially in inner root sheath cells. The addition of 50 mg/kg inositol could extremely significantly increase the mean gray value of β-catenin and HSL positive cells in the hair follicles of the dorsocentral region skin of 2- to 4-month-old Rex rabbits (P<0.01), extremely significantly increase the mean gray value of β-catenin and HSL positive cells in the hair follicles of the dorsocentral region, abdomen and hip skin of 4-month-old Rex rabbits (P<0.01). The results suggest that inositol can promote the growth of hair follicle by increasing the expresstion of β-catenin and HSL of 4-month-old Rex rabbits, and the effect is the best when dietary inositol level is 50 mg/kg in this experiment.

*Corresponding authors: CUI Yali, associate professor, E-mail: yalicui70@163.com; CHEN Baojiang, professor, E-mail: chenbaojiang@vip.sina.com (责任编辑　菅景颖)

Key words: inositol; Rex rabbits; hair follicle; β-catenin; HSL